

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

102 40 134.9

Anmeldetag:

30. August 2002

Anmelder/Inhaber:

Infineon Technologies AG, München/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zum Auftakten zeitdiskreter Signale

IPC:

H 03 K 5/156

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 5. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer

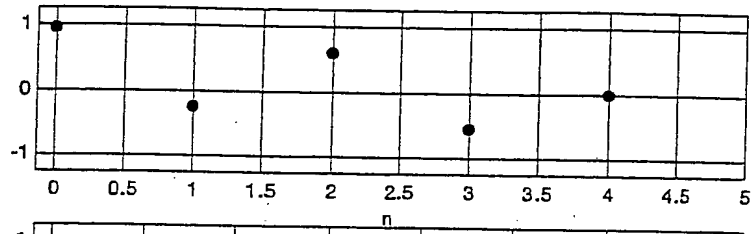
Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zum Auftakten zeitdiskreter Signale

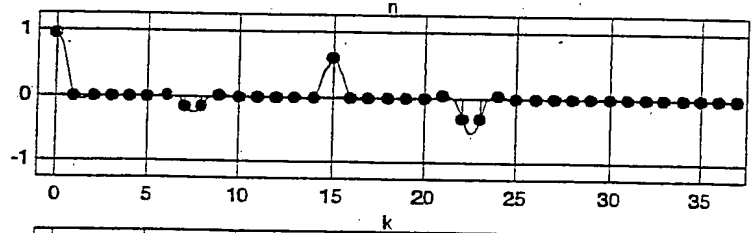
- 5 Beim Auftakten bzw. zur Interpolation zeitdiskreter Eingangswerte (x_n) werden Ausgangswerte (y_k) eines Ausgangssignals erzeugt. Wenn die Frequenz des Ausgangssignals größer als die Frequenz des Eingangssignals ist und die Kurvenform des Ausgangssignals im Wesentlichen der Kurvenform des Eingangssignals entspricht, wird erfindungsgemäß die Differenz zwischen
- 10 einem ersten und einem darauffolgenden zweiten Eingangswert (x_n, x_{n-1}) ermittelt, werden in Abhängigkeit der ermittelten Differenz Interpolationswerte ($P_0 \dots P_N$) eines Interpolationsverlaufs (p) skaliert und Ausgangswerte (y_k) jeweils durch
- 15 Addition des ersten Eingangswerts (x_n) mit einem skalierten Interpolationswert ($P_0 \dots P_N$) erzeugt.

(Fig. 4)

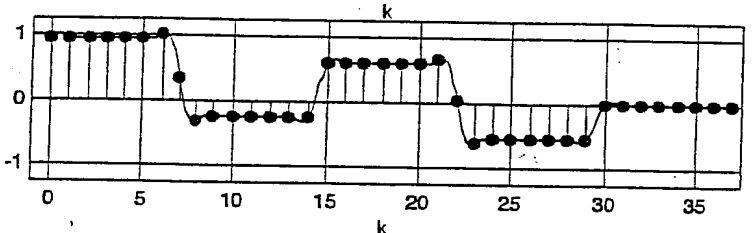
x_n



z_k



y_k



Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Auftakten zeitdiskreter Signale

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Interpolation von Eingangswerten eines Eingangssignals, wobei Ausgangswerte eines Ausgangssignals erzeugt werden, dessen Frequenz größer als die Frequenz des Eingangssignals ist und wobei die Kurvenform des Ausgangssignals im Wesentlichen der Kurvenform des Eingangssignals entspricht.

Eine derartige Interpolation, bei der mit einer ersten Frequenz anfallende Eingangswerte in mit einer höheren zweiten Frequenz anfallende Ausgangswerte umgesetzt werden, wird auch als Auftaktung bezeichnet. Eine derartige Auftaktung bzw. Interpolation im Sinne der vorliegenden Erfindung wird beispielsweise in Fällen angewendet, in denen aus zeitdiskreten Eingangssignalen wechselnder Frequenzen ein Ausgangssignal mit einer festen Frequenz ohne Informationsverlust erzeugt werden soll. Ein derartiger Anwendungsfall ergibt sich beispielsweise bei der Datenübertragung mit Pulsamplitudenmodulation. Dabei ist es für die vorliegende Erfindung unerheblich, ob die Frequenz des Ausgangssignals und die Frequenz des Eingangssignals in einem ganzzahligen oder einem nicht ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen.

Für die Interpolation bzw. Auftaktung ist es bekannt, die Eingangswerte zu übernehmen und dazwischen mit bestimmten Anzahlen von Nullen zu stopfen, so dass sich die gewünschte Rate bzw. Frequenz des Ausgangssignals ergibt. Daneben ist es auch bekannt, die Eingangswerte zu übernehmen und zusätzlich die einzelnen Eingangswerte so oft zu wiederholen, bis die gewünschte Rate der Ausgangswerte bzw. die gewünschte Frequenz des Ausgangssignals erreicht ist. Eine derartige Vorgehensweise ist in Figur 2 dargestellt. Darin bezeichnen x_n eine Anzahl von Eingangswerten, denen eine höhere Anzahl von

Ausgangswerten zugeordnet werden soll. Dabei sind mit z_k die Ausgangswerte nach dem Prinzip der Nullstopfung bezeichnet und mit y_k die Ausgangswerte bezeichnet, zu deren Erzeugung keine Nullen verwendet werden, sondern Eingangswerte x_n öfter wiederholt werden. In den in Figur 2 dargestellten Fällen beträgt das Verhältnis der Frequenz des Ausgangssignals zu der Frequenz des Eingangssignals 7, d.h., dass aus einem Eingangswert jeweils 7 Ausgangswerte erzeugt werden müssen.

- 10 Wenn das Auftaktverhältnis bzw. das Verhältnis der Frequenzen des Eingangssignals und des Ausgangssignals nicht ganzzahlig sind, stellen sich besondere Probleme. In Figur 3 ist der Fall dargestellt, dass das Auftaktverhältnis 7,5 beträgt. Die beiden Ausgangssignale z_k und y_k sind wiederum nach dem zuvor
- 15 beschriebenen Verfahren der Nullstopfung bzw. des Haltens bzw. Wiederholens einzelner Eingangswerte erzeugt. Wie in den Diagrammen zu sehen ist, fallen die Ausgangswerte z_k , y_k , die durch direktes Übernehmen eines neuen Eingangswertes x_n entstanden sind, zeitlich nicht notwendigerweise mit diesen zusammen. So liegt der zweite und der dritte Eingangswert x_n
- 20 zeitlich zwischen jeweils zwei benachbarten Ausgangswerten z_k , y_k . Dadurch entsteht der Nachteil, dass die Eingangswerte x_n und die diesen entsprechenden Signaländerungen im Ausgangssignal bzw. bei den Ausgangswerten z_k , y_k nicht immer in Phase sind.
- 25

- Um diesem Nachteil abzuhelpen, ist es weiterhin bekannt, die Eingangswerte x_n mit einem bestimmten Interpolationsverlauf zu falten, wobei jedem Eingangswert x_n ein Interpolationsimpuls zugeordnet wird, der in Bezug auf seine zeitliche Lage auf den zugeordneten Eingangswert x_n ausgerichtet wird. Die Ausgangswerte werden so berechnet, dass sie dem Verlauf der Interpolationsimpulse folgen. Nach diesem Verfahren erzeugte Ausgangswerte z_k , y_k sind in Figur 4 dargestellt, wobei z_k die
- 30 Folge der Ausgangswerte nach dem Verfahren der Nullstopfung und y_k die Folge der Ausgangswerte nach dem Verfahren des Haltens wiedergeben. Diese Berechnung erfordert insbesondere
- 35

in den Fällen der Ausgangswerte y_k nach dem Verfahren des Haltens bzw. Wiederholens einen nachteilig hohen Berechnungsaufwand.

5 Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Interpolation von Eingangswerten eines Eingangssignals der oben genannten Art zu schaffen, wobei der Aufwand verringert ist.

10 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Die Unteransprüche definieren jeweils bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

15

Erfindungsgemäß sind Interpolationswerte entlang eines Interpolationsverlaufs vorgesehen, wobei die Interpolationswerte zur Berechnung der Übergänge von einem Eingangswert zum nächsten verwendet werden. Dazu wird von einem ersten Eingangswert die Differenz zum folgenden zweiten Eingangswert berechnet und werden die Interpolationswerte in Abhängigkeit der ermittelten Differenz skaliert. Wenigstens ein Teil der Ausgangswerte wird jeweils anschließend erzeugt, indem der erste Eingangswert mit jeweils einem skalierten Interpolationswert addiert wird. Auf diese Weise kann mit geringem Aufwand der Verlauf der Ausgangswerte berechnet werden, der dem Sprung von einem Eingangswert zum nächsten entspricht.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren kann für Eingangswerte und/oder Ausgangswerte angewendet werden, die zeitlich gleich beabstandet oder zeitlich nicht gleich beabstandet sind.

30

Die Anzahl der Interpolationswerte eines Interpolationsverlaufs richtet sich nach der Ordnung der Interpolation. Ein Interpolationsverfahren höherer Ordnung weist mehrere Interpolationswerte innerhalb eines Interpolationsverlaufs auf, so dass sich der Übergang von einem Eingangswert zum nächsten

35

Eingangswert bei den Ausgangswerten in einer höheren Anzahl von Ausgangswerten niederschlägt. Die Anzahl der für einen Interpolationsverlauf verwendeten Interpolationswerte ist gleich der Ordnung der Interpolation plus 1.

5

Wenn das Frequenzverhältnis zwischen Ausgangssignal und Eingangssignal größer als die Anzahl der Interpolationswerte in einem Interpolationsverlauf ist, müssen vorteilhafterweise nicht alle Ausgangswerte durch Addierung eines Eingangswerts mit wenigstens einem skalierten Interpolationswert erzeugt werden. Vielmehr ist es auch möglich, Ausgangswerte nach dem Interpolationsverlauf einfach dadurch zu erzeugen, dass entweder der letzte durch Addition erzeugte Ausgangswert oder der zweite Eingangswert wiederholt werden. Diese Wiederholung wird so oft durchgeführt, bis der nächste Eingangswert eintrifft und die Ausgangswerte wieder durch Addition eines Eingangswerts mit wenigstens einem Interpolationswert berechnet werden.

20 Vorteilhafterweise werden die Interpolationswerte in Abhängigkeit der Phasendifferenz bzw. der Zeitdifferenz zwischen einem Eingangswert und einem Ausgangswert berechnet. Damit kann erreicht werden, dass die zeitliche Lage des Interpolationsverlaufs genau an den Eingangswerten ausgerichtet werden kann und gleichzeitig die zeitliche Lage der Interpolationswerte auf dem Interpolationsverlauf genau an den Takt der Ausgangswerte angepasst sein kann. Insbesondere wird dazu die zeitliche Differenz zwischen dem jeweils ersten Eingangswert und dem als nächstes auszugebenden Ausgangswert ermittelt.

30 Diese Zeitdifferenz wird auf dem kontinuierlichen Verlauf des Interpolationsverlaufs aufgetragen, um die zeitliche Lage des ersten Interpolationswerts bezogen auf die Zeitachse des Interpolationsverlaufs zu ermitteln. Die folgenden Interpolationswerte folgen auf der Zeitachse des Interpolationsverlaufs im zeitlichen Abstand der Ausgangswerte.

Bei der Berechnung der Ausgangswerte ist vorgesehen, dass der erste Eingangswert zur Berechnung eines Ausgangswerts jeweils nur mit einem einzigen Interpolationswert addiert wird. Bei dieser Vorgehensweise werden die Interpolationswerte vorteil-

5 hafterweise so gewählt, dass am Ende des Interpolationsverlaufs bzw. mit der Addition des ersten Eingangswerts mit dem letzten Interpolationswert der zweite Eingangswert nahezu erreicht wird. Die folgenden Ausgangswerte werden durch Übernahme des zweiten Eingangswerts erzeugt.

10

Bei dem vorgenannten Verfahren ist vorteilhafterweise der Interpolationsverlauf so gewählt, dass er bei dem Wert Null beginnt.

15 Nachdem der Übergang vom ersten Eingangswert zum zweiten Eingangswert sich bei den mit Hilfe der Interpolationswerte berechneten Ausgangswerten vollzogen hat, kann die Reihe der Ausgangswerte auf einem gleichbleibenden Wert auch fortgeführt werden, indem die Interpolationswerte so angelegt sind,

20 dass sie sich nicht mehr verändern und die weiteren Berechnungen zu keinem anderen Ergebnis führen. Vorteilhafterweise jedoch wird die Reihe der Ausgangswerte fortgeführt, indem der zweite Eingangswert dafür verwendet und entsprechend oft wiederholt wird. Auf diese Weise kann der Berechnungsaufwand

5 stark verringert werden.

In einer vorteilhaften Ausführungsform werden die Ausgangswerte mit Hilfe einer Kette von Verzögerungselementen erzeugt, wobei die Verzögerungselemente analog oder digital

30 ausgeführt sein können und die Werte der in den einzelnen Verzögerungselementen gespeicherten Werte im Takt der Ausgangswerte weitergegeben werden. Die Verzögerungselemente sind um Addierglieder erweitert, mit denen entweder am Ausgang oder am Eingang wenigstens einiger der Verzögerungselemente

35 die Interpolationswerte hinzuaddiert werden können.

Zunächst wird der erste Eingangswert ohne Addition von Interpolationswerten in mehrere Verzögerungselemente hineingeschoben. Anschließend werden einen Schiebetakt lang die Interpolationswerte zur Summation aufgeschaltet, so dass am Ende dieses Taktschrittes in den jeweils nächsten Verzögerungselementen der Kette die Summe des Eingangswerts mit jeweils einem aufgeschalteten Interpolationswert gespeichert ist. In den Verzögerungselementen sind somit bereits die richtigen Werte für die Ausgangswerte gespeichert, die durch einfaches Hinausschieben aus den Verzögerungselementen der Kette ausgegeben werden können. Der erste Interpolationswert zur Berechnung des ersten Ausgangswerts in Abhängigkeit des Interpolationsverlaufs muss dabei beim letzten Verzögerungselement aufgeschaltet werden, da dieses den als erstes ausgegebenen Wert enthält.

Zur Erzeugung der Differenz zwischen dem ersten Eingangswert und dem zweiten Eingangswert wird vorzugsweise ein Subtrahierglied und ein Verzögerungselement verwendet, wobei das Verzögerungselement von den Eingangswerten beaufschlagt wird und am Ausgang den jeweils vorangegangenen Eingangswert bereithält. Das Subtrahierglied bildet die Differenz zwischen dem Eingang des Verzögerungselements bzw. den aktuellen Eingangswert und den Ausgang des Verzögerungselements bzw. dem vorangegangenen Eingangswert.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert.

Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Interpolation zeitdiskreter Eingangswerte,

Figur 2 zeigt die Interpolation nullter Ordnung von zeitdiskreten Eingangswerten bei ganzzahligem Auftaktverhältnis,

Figur 3 zeigt die Interpolation nullter Ordnung zeitdiskreter Eingangswerte bei nicht ganzzahligem Auftaktverhältnis,

Figur 4 zeigt die Interpolation dritter Ordnung zeitdiskreter Eingangswerte bei nicht ganzzahligem Auftaktverhältnis,

Figur 5 zeigt Interpolationsverläufe zur Verwendung in einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Figur 6 zeigt die Verläufe von Hilfssignalen zur Erzeugung interpolierter Ausgangswerte nach dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, und

Figur 7 zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Die in Figur 1 dargestellte Vorrichtung 1 zur Interpolation zeitdiskreter Eingangswerte x_n liefert am Ausgang zeitdiskrete Ausgangswerte y_k , wobei die Frequenz der Ausgangswerte y_k größer als die Frequenz der Eingangswerte x_n ist. Aus diesem Grund besitzen die Ausgangswerte y_k einen anderen Index k als die Eingangswerte x_n , deren Index n ist. Das Frequenzverhältnis zwischen den Ausgangswerten y_k und den Eingangswerten x_n kann sowohl ganzzahlig als auch nicht ganzzahlig sein.

Zum besseren Verständnis ist in Figur 2 das Ergebnis der Interpolation von Eingangswerten x_n abgebildet, wobei auf zwei verschiedene Weisen Ausgangswerte z_k bzw. y_k erzeugt wurden. Die Ausgangswerte z_k wurden nach dem Verfahren der Nullstopfung berechnet, wobei die Zwischenräume zwischen zwei benachbarten Eingangswerten x_n und x_{n+1} mit einer entsprechenden Anzahl von Nullen gestopft wurden. Bei den unten dargestellten Ausgangswerten y_k wurde das Verfahren des Haltens bzw. der Wiederholung angewendet, wobei ein Eingangswert x_n wiederholt als Ausgangswert verwendet wird, bis ein neuer Eingangswert aufgetreten ist. In Figur 2 ist die Auftaktung bzw. Interpo-

lation mit dem ganzzahligen Faktor 7 dargestellt. Figur 3 entspricht der Darstellung von Figur 2, wobei das Auftaktverhältnis 7,5 anstatt 7 beträgt und somit nicht ganzzahlig ist. In den Folgen der Ausgangswerte z_k und y_k ist deutlich zu sehen, dass der von Null verschiedene Wert bzw. die Flanke bei einem Wertesprung nicht notwendigerweise synchron zu dem verursachenden Eingangswert x_n liegt.

Um diese Phasendifferenz auszuschließen, werden die Eingangswerte x_n mit Interpolationsimpulsen gefaltet, wodurch sich die in Figur 4 dargestellten Verläufe ergeben. Deutlich ist zu erkennen, dass die einzelnen Ausgangswerte z_k bzw. y_k zwar nicht synchron zu den Eingangswerten x_n liegen, jedoch die Maxima bzw. die Flanken der von den Ausgangswerten z_k bzw. y_k gebildeten Signale synchron zu den Eingangswerten x_n sind.

Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben, mit dem die Ausgangswerte y_k gemäß Figur 4 erzeugt werden können.

In dem Ausführungsbeispiel wird bei Eintreffen eines neuen Eingangswerts x_n die Differenz zwischen dem neuen Eingangswert x_n und dem vorangegangenen Eingangswert x_{n-1} gebildet. Im Folgenden wird der aktuelle bzw. neue Eingangswert als zweiter Eingangswert und der vorangegangene Eingangswert als erster Eingangswert bezeichnet.

Das Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung lässt sich mit der in Figur 7 schematisch dargestellten Vorrichtung realisieren, die im Folgenden beschrieben wird. Zentrales Element der Vorrichtung 1 gemäß Figur 7 ist eine Kette aus Verzögerungselementen 3, die im Takt der Ausgangswerte y_k die jeweils gespeicherten Werte weiterreichen. Am Ausgang jedes Verzögerungselements 3 ist ein Addierglied 6 vorgesehen, das an das sich anschließende Verzögerungselement 3 die Summe aus dem Wert des vorhergehenden Verzögerungselements 3 und einem von einem Interpolationswertgenerator 5 bereitgestellten In-

terpolationswert $P_0 \dots P_N$ weiterleitet. Zusätzlich sind die Addierglieder 6 so eingerichtet, dass sie von einer Steuerung 2 gesteuert werden können, wobei mit Hilfe der Steuerung festgelegt werden kann, ob die Addierglieder 6 die aufgeschalteten Interpolationswerte $P_0 \dots P_N$ hinzuaddieren oder nicht. Am Ausgang des letzten Addierglieds 6 liegt schließlich die Folge der Ausgangswerte y_k an. Die Vorrichtung 1 wird gesteuert durch den Takt n der Eingangswerte x_n , den Takt k , mit dem die Ausgangswerte y_k ausgegeben werden sollen, den Eingangswerten x_n sowie einer Zeitdifferenz D . Die Zeitdifferenz D wird von einer nicht dargestellten Komponente berechnet und stellt die Zeitdifferenz zwischen dem Auftreten des ersten Eingangswerts und dem Zeitpunkt dar, zu dem nach dem ersten Eingangswert der nächste Ausgangswert ausgegeben werden soll.

Das Grundprinzip des Ausführungsbeispiels besteht darin, den ersten Eingangswert mit einer Reihe von Interpolationswerten zu addieren, so dass ein Übergang vom ersten Eingangswert zum zweiten Eingangswert mit erhöhter Anzahl von Stützstellen, die von den Ausgangswerten y_k gebildet werden, erzeugt wird.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel werden die Ausgangswerte y_k durch Addition des ersten Eingangswerts mit jeweils einem Interpolationswert erzeugt. Ein möglicher Verlauf der Interpolationswerte ist in Figur 5 im untersten Diagramm dargestellt und mit P bezeichnet, wobei beliebige Verläufe möglich sind. Die Interpolationswerte P stellen die mit kleinen Kreisen markierten Stellen entlang eines Interpolationsverlaufs dar, der als durchgezogene Linie dargestellt ist. Der Interpolationsverlauf ist kontinuierlich, beginnt bei 0 und endet bei 1. Der erste bzw. links dargestellte Interpolationswert liegt nicht beim Zeitwert 0 auf dem kontinuierlichen Interpolationsverlauf, sondern bei einem Wert, der der Zeitdifferenz D entspricht, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass zum Zeitpunkt des als erstes zu berechnenden Ausgangswerts y_k der für diese Berechnung verwendete erste Eingangswert x_n bereits

die Zeitdifferenz D zurückliegt. Die folgenden Interpolationswerte liegen im zeitlichen Abstand der Ausgangswerte y_k . Im vorliegenden Beispiel ist die Zeitdifferenz D gleich $0,3$, so dass der erste Interpolationswert bei $0,3$ ermittelt wird.

5 Der zweite Interpolationswert wird bei dem Wert $1,3$ ermittelt, der dritte Interpolationswert bei dem Wert $2,3$ und der vierte Interpolationswert bei $3,3$ ermittelt, wobei die Werte auf die Periodendauer des Ausgangssignals bezogen sind. Mit Hilfe dieser vier Interpolationswerte können im vorliegenden

10 Beispiel Interpolation dritter Ordnung vier Ausgangswerte y_k berechnet werden, wobei mit dem vierten Interpolationswert der zweite Eingangswert nahezu erreicht werden kann, so dass für den darauffolgenden fünften Ausgangswert bereits der zweite Eingangswert verwendet werden kann. Bevor die Interpolationswerte jedoch auf den ersten Eingangswert x_n addiert
15 werden, müssen Interpolationswerte mit der Differenz zwischen dem ersten Eingangswert und dem zweiten Eingangswert skaliert werden, damit am Ende mit dem letzten Interpolationswert auch der zweite Eingangswert erreicht wird.

20

Allgemein werden bei einer Interpolation n -ter Ordnung $n+1$ Interpolationswerte verwendet, mit denen durch Addition mit dem ersten Eingangswert $n+1$ Ausgangswerte erzeugt werden. Der $n+1$ -te Ausgangswert erreicht vorteilhafterweise wenigstens
25 nahezu den zweiten Eingangswert und die auf den $n+1$ -ten folgenden Ausgangswerte können durch Wiederholen des zweiten Eingangswerts erzeugt werden.

Zur Durchführung der vorgenannten Berechnung werden die Ausgangswerte jeweils in einen Sockelanteil v_k und einen Interpolationsanteil w_k unterteilt. Der Sockelanteil v_k entspricht dem ersten Eingangswert und der Interpolationsanteil w_k entspricht den skalierten Interpolationswerten, wobei nach dem letzten vierten Interpolationswert die Reihe der Werte des
30 Interpolationsanteils w_k mit Nullen aufgefüllt wird, bis zum Auftreten des nächsten Eingangswerts und somit der nächsten Reihe von Interpolationswerten.
35

In der Folge der Werte des Sockelanteils v_k wird der Wert des jeweils ersten Eingangswerts bis zum letzten Interpolationswert fortgeführt bzw. wiederholt, so dass zu dem Zeitpunkt, zu dem sich im Interpolationsanteil w_k Nullwerte an die Interpolationswerte anschließen, im Sockelanteil v_k der zweite Eingangswert übernommen wird.

Diese Berechnung wird mit der Vorrichtung 1 gemäß Figur 7 ausgeführt, indem der aktuelle Eingangswert x_n im Takt der Ausgangswerte y_k in die Verzögerungselemente 3 der Kette eingelesen wird, wobei das erste, links dargestellte Verzögerungselement 3 nur zur Verzögerung um einen Zeitschritt der Ausgangswerte y_k dient. Gleichzeitig liegt an dem Interpolationswertgenerator 5 die Zeitdifferenz D und die Differenz des aktuellen Eingangswerts zu dem vorangegangenen Eingangswert an. Der Interpolationswertgenerator erzeugt daraufhin die Interpolationswerte $P_0 \dots P_N$, wobei in Figur 7 die Vorrichtung 1 in allgemeiner Form dargestellt ist und N die Anzahl der verwendeten Interpolationswerte minus 1 ist. Zu diesem Zeitpunkt sind die Addierglieder 6 von der Steuerung 2 noch nicht aktiviert, so dass der aktuelle Eingangswert unverändert durch die Kette der Verzögerungselemente 3 hindurchgeschoben wird. Sobald ein neuer Eingangswert x_n eintrifft bzw. beim Eintreffen einer Flanke des Takts n der Eingangswerte x_n steuert die Steuerung 2 beim nächsten auftretenden Takt k der Ausgangswerte y_k die Addierglieder 6 derart an, dass sie die aufgeschalteten Interpolationswerte $P_0 \dots P_N$ hinzuaddieren. Dies hat zur Folge, dass an den Ausgängen der Addierglieder 6 jeweils die Summe des zu diesem Zeitpunkt vorangegangenen Eingangswerts x_n und jeweils eines Interpolationswerts $P_0 \dots P_N$ anliegt. Diese Summe wird im Falle des letzten, rechts dargestellten Addierglieds 6 sofort ausgegeben oder im Falle der übrigen Addierglieder 6 weiter durch die Kette der Verzögerungselemente 3 hindurchgeschoben, so dass die Ausgangswerte y_k nacheinander ausgegeben werden.

12

Der in Figur 5 unten dargestellte Interpolationsverlauf mit den Werten P ist durch analytische Integration des Verlaufs eines Interpolationsimpulses p entstanden, der in Figur 5 oben dargestellt ist. Neben der analytischen Integration kann

- 5 der Verlauf des zu Grunde gelegten Interpolationsverlaufs auch numerisch integriert werden, wobei der Integralverlauf in dem letztgenannten Fall in Fig. 5 in der Mitte mit Σ_p dargestellt ist. Der Unterschied der Verläufe bei numerischer bzw. analytischer Integration ergibt sich aus der Tatsache,
- 10 dass zeitbegrenzte Signale wie der Interpolationsimpuls p eine theoretisch unendliche Bandbreite besitzen und auf Grund der endlichen Abtastfrequenz immer ein Alias-Fehler entsteht, so dass vorzugsweise zur Berechnung der Interpolationswerte $P_0 \dots P_N$ der analytisch integrierte Verlauf verwendet wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Interpolation von Eingangswerten (x) eines Eingangssignals, bei welchem Verfahren Ausgangswerte (y) eines Ausgangssignals erzeugt werden, wobei die Abtastfolgefrequenz des Ausgangssignals größer als die Abtastfolgefrequenz des Eingangssignals ist und die Kurvenform des Ausgangssignals im Wesentlichen der Kurvenform des Eingangssignals entspricht,
- 5 dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz zwischen jeweils einem ersten und einem darauffolgenden zweiten Eingangswert (x) ermittelt wird, in Abhängigkeit der ermittelten Differenz Interpolationswerte (P0...PN) eines Interpolationsverlaufs (p, P) skaliert und
- 10 aufeinanderfolgende Ausgangswerte (y) jeweils durch Addition des ersten Eingangswerts (x) mit einem skalierten Interpolationswert (P0...PN) erzeugt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
- 20 dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangswerte (x) und/oder die Ausgangswerte (y) jeweils zeitlich gleich beabstandet sind.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- 25 dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangswerte (x) und die Ausgangswerte (y) jeweils zeitlich gleich beabstandet sind und die Interpolationswerte (P0...PN) in Abhängigkeit der Phasendifferenz zwischen einem Eingangswert (x) und einem Ausgangswert (y) berechnet werden.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Erzeugung von Ausgangswerten durch Addition des ersten Eingangswerts (x) mit wenigstens einem Interpolationswert (P0...PN) Ausgangswerte durch Gleichsetzen mit dem letzten durch Addition erzeugten Ausgangswert (y) oder mit dem
- 35 zweiten Eingangswert (x) erzeugt werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verlauf des Interpolationsverlaufs (P) bei einem an-
5 deren Wert endet als er begonnen hat.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verlauf des Interpolationsverlaufs (p, P) bei null
10 beginnt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausgangswerte mittels einer Kette von Verzögerungs-
15 elementen (3) erzeugt werden, wobei am Anfang der Kette ein
Eingangswert (x) übernommen wird, die Werte der Verzögerungs-
elemente (3) im Takt der Ausgangswerte (y) weitergegeben wer-
den und am Eingang und/oder am Ausgang wenigstens eines Ver-
zögerungselements (3) ein Interpolationswert (P0...PN) hinzu-
20 addiert wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Interpolationsverlauf (p, P) gesamt oder abschnitts-
5 weise in Form wenigstens einer mathematischen Beschreibung
vorliegt und die Interpolationswerte (P0...PN) durch Anwen-
dung der wenigstens einen mathematischen Beschreibung berech-
net werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Eingangswerte (x) Datensymbole einer Datenübertra-
30 gung mit Pulsamplitudenmodulation sind.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

15

dass die Eingangswerte (x) Datensymbole einer Datenübertragung nach dem DSL-Standard sind.

11. Vorrichtung zur Interpolation von Eingangswerten (x) eines Eingangssignals, wobei die Vorrichtung derart eingerichtet ist, dass sie in Abhängigkeit der Eingangswerte (x) Ausgangswerte (y) eines Ausgangssignals erzeugt, wobei die Frequenz des Ausgangssignals größer als die Frequenz des Eingangssignals ist und die Kurvenform des Ausgangssignals im Wesentlichen der Kurvenform des Eingangssignals entspricht, dadurch gekennzeichnet,
dass die Vorrichtung weiterhin derart eingerichtet ist, dass sie die Differenz zwischen jeweils einem ersten und einem darauffolgenden zweiten Eingangswert (x) ermittelt, in Abhängigkeit der ermittelten Differenz Interpolationswerte (P0...PN) eines Interpolationsverlaufs (p, P) skaliert und aufeinanderfolgende Ausgangswerte (y) jeweils zur Addition des ersten Eingangswerts (x) mit einem skalierten Interpolationswert (P0...PN) erzeugt.

20

12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 eingerichtet ist.

25

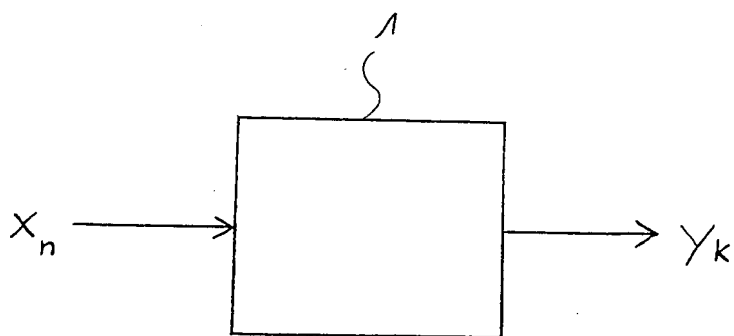


Fig. 1

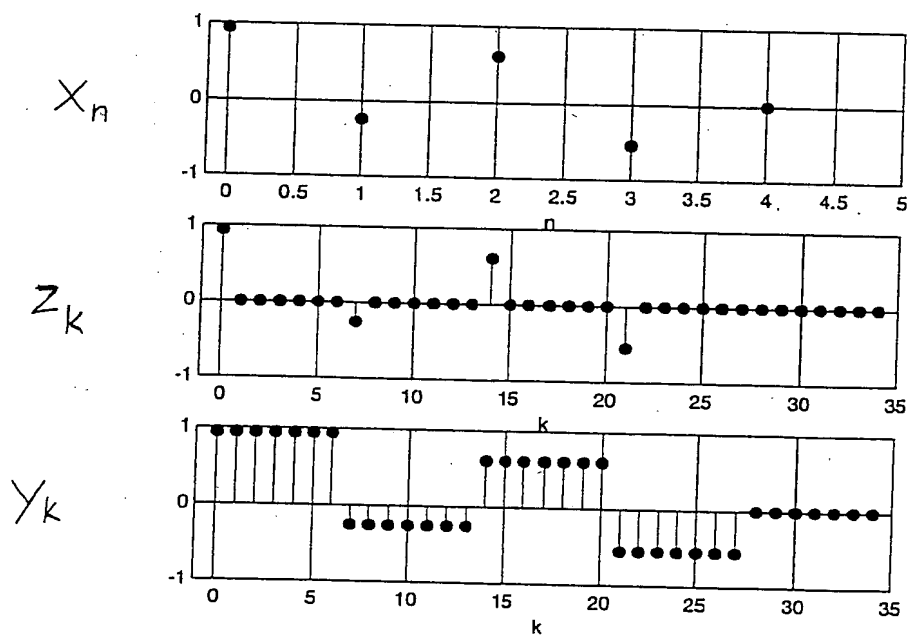


Fig. 2

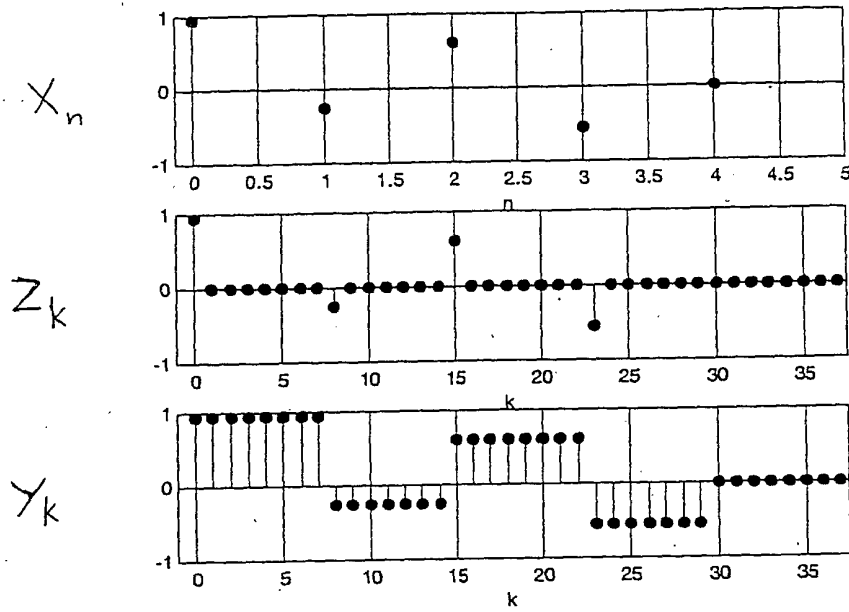


Fig. 3

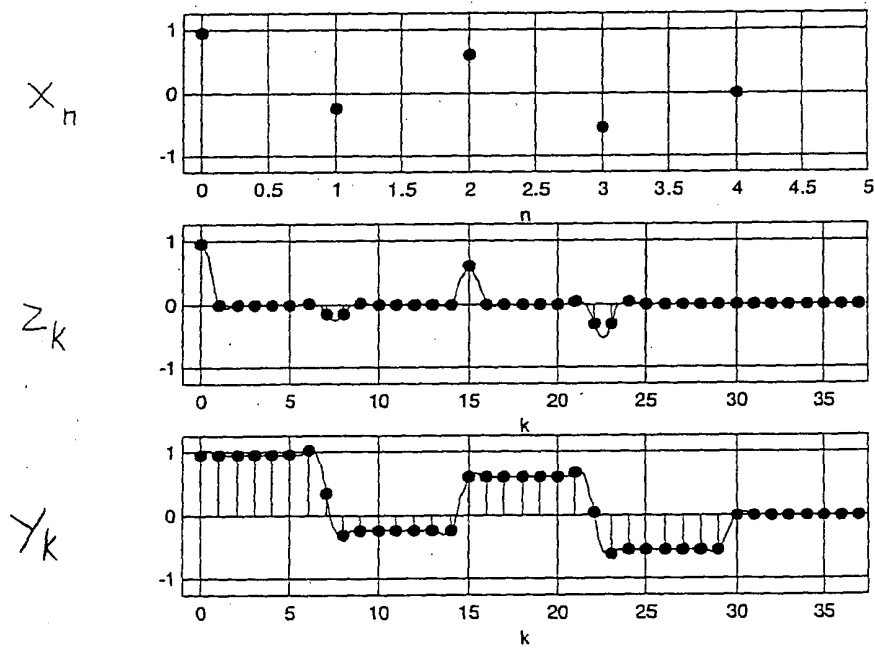


Fig. 4

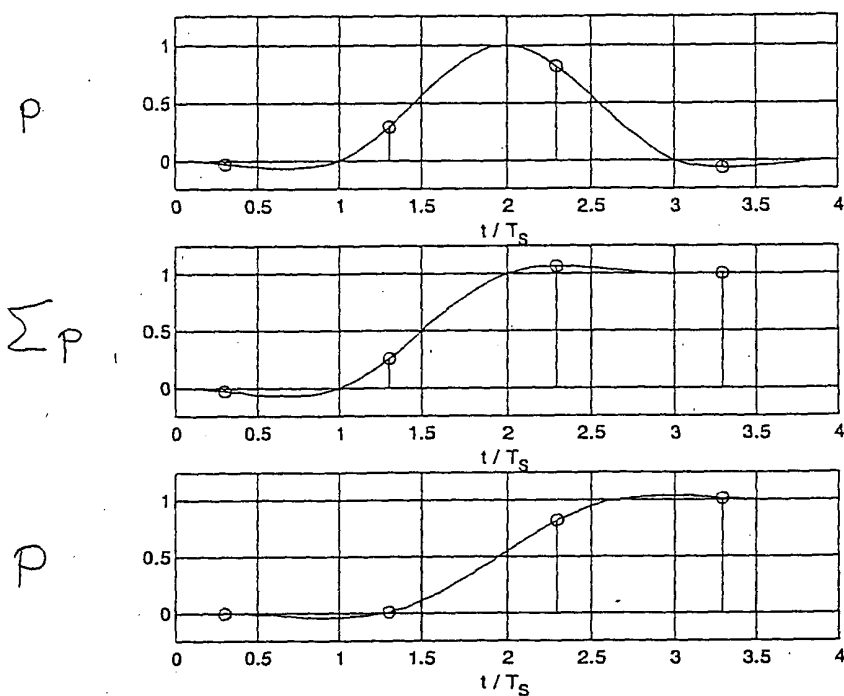


Fig. 5

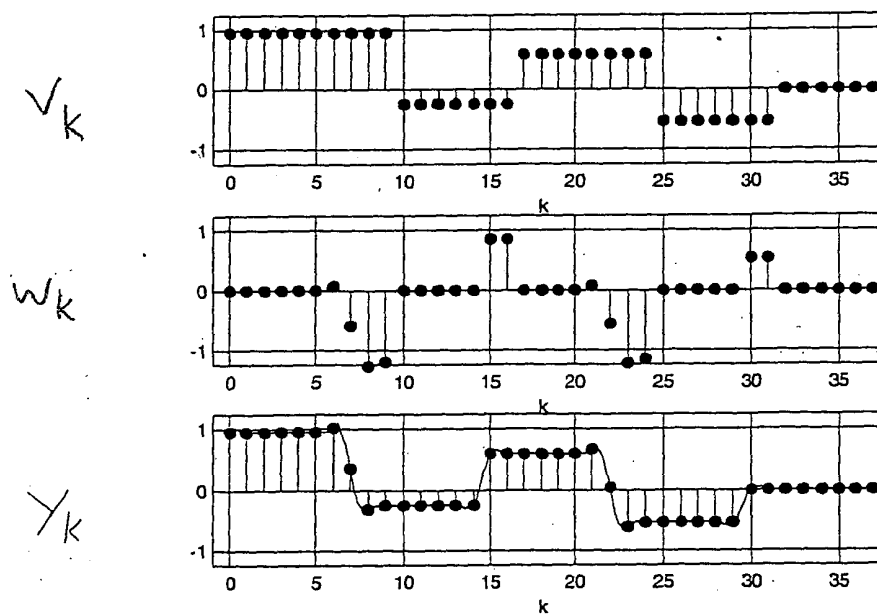


Fig. 6

1 ↗

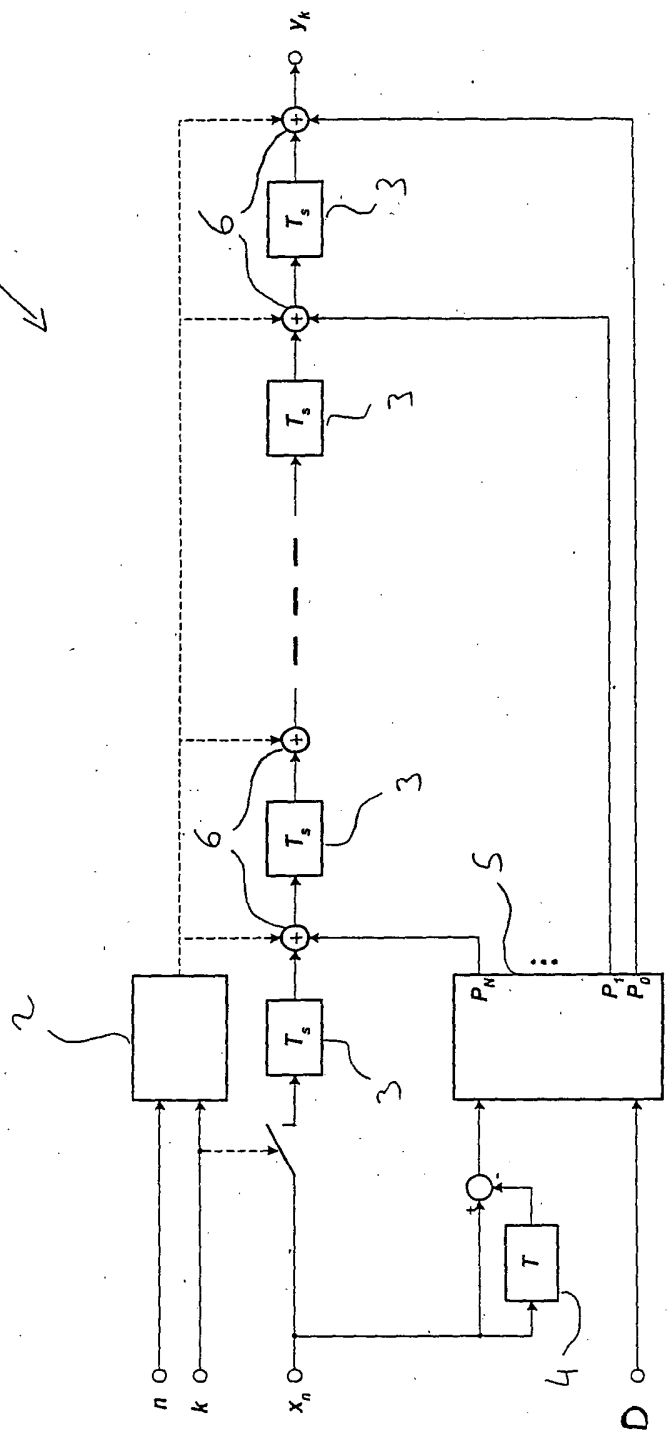


Fig. 7